



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR  
LA CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LAS  
ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS EN MINERA  
YANACocha, 2017.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

**AUTOR:**

**CASTAÑEDA COTRINA YHOR ALEXANDER**

**ASESOR:**

**ING. CELADA PADILLA JAMES SKINNER**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO**

**PERÚ - 2017**

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

Julio Castañeda Orbegoso y María Virginia Cotrina Tirado por ser lo más grande y valioso que Dios me ha regalado, por ser mi fuente de inspiración y razón que me impulsa a seguir adelante por el camino del bien.

### **A MIS HERMANOS:**

Julio Castañeda Cotrina, deybi Castañeda Cotrina. por ser las personas que me motivan e impulsan a seguir adelante y conseguir mis metas con su apoyo, consideración, cariño y respeto.

Yhor Alexander

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida, salud y fortaleza para seguir superándome en mi vida profesional adquiriendo nuevos conocimientos para aplicarlos en favor del desarrollo de nuestra sociedad y de nuestro país.

Un agradecimiento muy especial a mis padres Julio Castañeda Orbegoso y Virginia Cotrina Tirado que siempre me brindaron su apoyo incondicional para alcanzar mis objetivos en mi etapa de formación profesional.

Yhor Alexander

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Yhor Alexander Castañeda Cotrina con DNI N.º 45638777, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo, facultad de Ingeniería, escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

en tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, setiembre del 2017



---

Yhor Alexander Castañeda Cotrina  
DNI N.º 45638777

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada” **Gestión De Mantenimiento Para Incrementar La Confiabilidad Y Disponibilidad De Las Electrobombas Centrífugas En Minera Yanacocha, 2017**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

El autor

## INDICE

PAGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1 Realidad problemática .....	10
1.2 Trabajos previos .....	14
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	17
1.4 Formulación del problema.....	24
1.5 Justificación del estudio .....	24
1.6 Hipótesis.....	25
1.7 Objetivos.....	26
II. METODO .....	27
2.1 Diseño de Investigación: .....	27
2.2 variables operacionalización .....	27
2.3 Población y Muestra .....	28
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	29
2.5 Métodos de análisis de datos.....	30
2.6 Aspectos éticos. ....	31
III. RESULTADOS.....	32
IV. DISCUSIÓN.....	48
V. CONCLUSIÓN.....	49
VI. RECOMENDACIONES.....	50
VII. REFERENCIAS .....	51
ANEXOS .....	53

## **RESUMEN**

El tema de tesis está enmarcado dentro de las políticas actuales del sector minero en cuanto a estándares de disponibilidad y confiabilidad de los diferentes equipos de los sistemas electromecánicos que se utilizan en los procesos de extracción de los minerales. la gestión de mantenimiento, es ahora una labor integral de todas las áreas de la empresa, que tengan relación directa o indirecta en tener a los equipos funcionando de manera correcta, para que los procesos se desarrollen dentro de lo planificado.

El objeto de estudio del presente proyecto es de desarrollar una propuesta de cómo debe ser la gestión del mantenimiento de las electrobombas centrífugas, como parte importante en la extracción de agua, es decir se propone medidas que deben llegar a facilitar las labores de mantenimiento, en cuanto a tener los repuestos en el momento oportuno, de realizar reportes consignando detalles de las fallas, proponer una gestión que involucre al personal administrativo y personal técnico de la empresa, en donde el aspecto económico en cuanto a los costos de mantenimiento, no sean obstáculos a la hora de realizarlo.

Los indicadores de mantenimiento que aquí se desarrollan son la disponibilidad y la confiabilidad, ambos indicadores son evaluados, en función a la gestión que se propone, y de esa manera satisfacer la demanda de agua en el proceso productivo de extracción de oro en la minera yanacocha.

Palabras claves: Gestión de Mantenimiento, Disponibilidad, Confiabilidad.

## **ABSTRACT**

The subject of the thesis is framed within the current policies of the mining sector in terms of standards of availability and reliability of the different equipment of the electromechanical systems that are used in the extraction processes of minerals. maintenance management is now an integral task of all areas of the company, which have a direct or indirect relationship in having the equipment working correctly, so that the processes are developed within the planned.

The object of study of the present project is to develop a proposal of how the maintenance management of centrifugal electric pumps should be, as an important part in the extraction of water, that is, it proposes measures that should facilitate the maintenance work, in how to have the spare parts at the right time, to make reports consigning details of the failures, propose a management that involves the administrative staff and technical staff of the company, where the economic aspect in terms of maintenance costs, are not obstacles at the time of doing it

The maintenance indicators developed here are the availability and reliability, both indicators are evaluated, according to the proposed management, and thus meet the demand for water in the production process of gold mining in the yanacocha minera.

Keywords: Maintenance Management, Availability, Reliability.



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática**

#### **A nivel internacional.**

En la actualidad, la minería argentina está sufriendo una expansión sin precedentes en los años de esta actividad. Pero ese avance al ser tan abrupto y repentino, muchas veces no es acompañado por el de las actividades de apoyo como las constituyen mantenimiento, y sus ligadas, logística y abastecimiento. (klimasauskas, 2014, p.12).

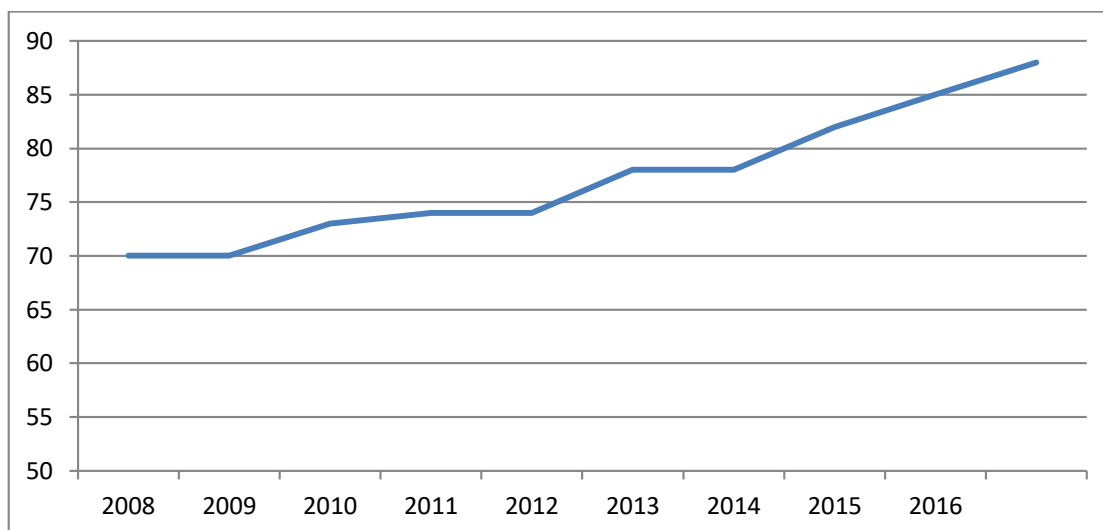
En todo el mundo, el sector minero realiza grandes esfuerzos para que sus procesos productivos no se vean afectados por las paradas intempestivas, debido a la falta de planificación del mantenimiento, y la falta de una adecuada gestión del mantenimiento, que conlleven a que los procesos fallen cada vez menos y que logre una continuidad en el tiempo más largo posible. (klimasauskas, 2014, p.12).

En muchas empresas mineras en Latinoamérica, se han realizado estudios y éstos indican que nos indica que se generaron elevados costos, asociados a los fallos repetitivos ocurridos en los sistemas de bombeo de agua en los procesos de extracción de oro. En una empresa minera al sur de Colombia, se presentaron y registraron 57 de estos eventos de fallos. El incremento evidente en la frecuencia de fallos en 2 de las bombas, se tradujo en la ocurrencia de paros simultáneos en los trenes de bombeo. Estos sistemas constan de 18 bombas centrífugas horizontales que están instaladas en paralelo, contando con una sola bomba de respaldo. El fluido manejado por las bombas es también sumamente tóxico y por tal razón las bombas poseen cuatro pares de sellos: dos pares internos (plan api-32) y dos pares interno-externo (plan api-53). La muestra una representación esquemática de las bombas estudiadas. (Cabrera y Guanipa 2010, p. 2).

En Ecuador, muchas empresas del sector minero, son supervisadas y auditadas para verificar cómo están avanzando en cuanto a la disponibilidad de los equipos de los procesos de extracción de minerales, y se observa un incremento del valor de la disponibilidad en los últimos años. El incremento

llega a valores del 88%, siendo hace 10 años valores del 70%, esta realidad es influenciado por el ingreso de tecnologías cada vez más eficientes, y además las empresas están invirtiendo en capacitación al personal técnico y personal operativo.

Figura 1



Tendencia del incremento de disponibilidad (en %) de equipo sector minero.  
Fuente: Cabrera, 2017

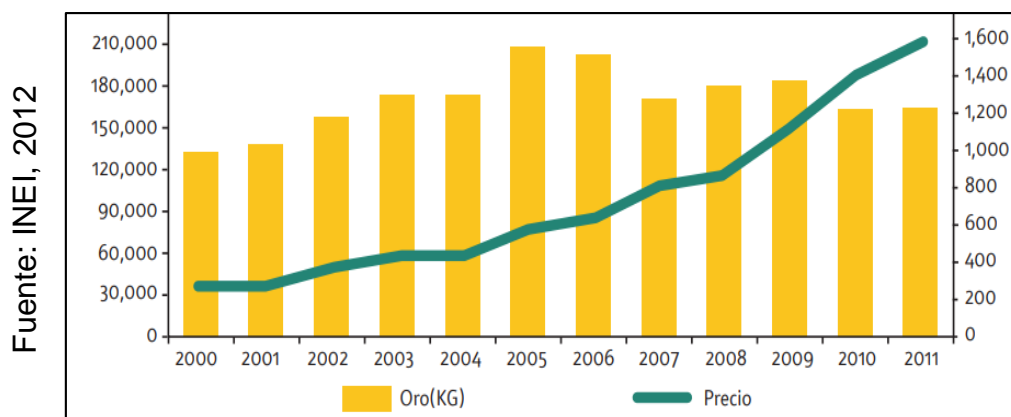
### A nivel nacional.

“En el Perú, el sector minero es una de las actividades económicas que sustentan el crecimiento del país, sin embargo, en muchas instalaciones mineras, los equipos reportan fallas sistemáticas y paralizan los procesos de extracción del mineral” (Benavides, 2014, p.32).

El incremento de la producción de oro en el Perú, se debe a gran medida de la inversión del sector privado, que cada vez utiliza equipos de última generación, con valores altos de eficiencia, con mayor capacitación a su personal técnico, con mejores condiciones laborales, sin embargo la producción está ligada a los precios internacionales, los cuales influyen significativamente en la producción; una disminución de los precios mundiales de los metales, involucra una menor producción, y por lo tanto una menor capacidad de uso de la planta, y por ende una menor eficiencia, como consecuencia de ello un mayor costo de mantenimiento y menos utilidades. (INEI, 2012, p.23).

En la figura 2, se observa la variación de la producción y de los precios del oro, en el periodo 2000 – 2011, en el cual se observa que mientras los precios internacionales se incrementaron la producción se redujo, es decir la oferta no estuvo dentro de lo esperado, y esto se debe fundamentalmente a que muchas empresas mineras realizaron cambios en su infraestructura para tener altos índices de producción, aplicando una gestión del mantenimiento, con indicadores de mantenimiento cada vez más exigentes, de acuerdo a estándares mundiales.

Figura 2



#### Producción y precio del oro periodo 2000 - 2011

Contar con equipos automatizados ya están revolucionando las operaciones mineras. Y es que se espera que a medida que se potencien estos sistemas, las máquinas tengan la capacidad de realizar actividades que permitan la reducción de costos de mano de obra y, por ende, mejoren la productividad. En ese sentido, las empresas podrían llegar a operar las minas totalmente autónomas desde sus centros funcionales. (Benavides, 2014).

(Huaroc, 2011, p. 12), en la siguiente tesis denominada: *“sistema de drenaje, para reducir las aguas subterráneas en el área de trabajo unidad animon-cerro de Pasco”* nos da a conocer las actividades en la minería mecanizada se van complicando progresivamente en el desarrollo de una mina, en este caso por los antecedentes se enmarca en atender los servicios del sistema de drenaje de interior mina, señalando dentro de los ciclos de explotación de extracción de mineral y la importancia del sistema de drenaje, dentro de las operaciones y

métodos en que se trabaja. En el caso de la mina unidad animon-cerro de Pasco, en desarrollo de la extracción de mineral, dependen en gran medida 2 del sistema de drenaje, esto hace que sin este sistema no sería posible las operaciones de explotación y en consecuencia sería una demora en los ciclos de trabajo y extracción de mineral de los frentes de producción, la empresa busca solucionar los problemas de esta índole con las responsabilidades consiguientes de los encargados del sistema de drenaje. Primero que nada, se observa bombas de poca eficiencia, luego el transporte del fluido con pérdidas y diámetros no indicados de tubería y por último en las pozas de bombeo de poca capacidad. Este sistema de drenaje antiguo con deficiencias lleva a su vez las pérdidas y deterioro de los equipos antes de su vida útil.

### **A nivel local**

En la minera yanacocha, el uso del agua para los procesos productivos, es de mucha importancia, debido a que, para extraer el oro, involucra transformaciones químicas de los elementos químicos, teniendo como objetivo final la obtención de oro para la exportación.

El agua para los procesos productivos, tiene como una de sus fuentes importantes, el agua subterránea, el cual se extrae del subsuelo, empleándose para ello las electrobombas. Son 13 electrobombas que en su totalidad tienen una potencia instalada de 2221 hp (1656 kw), las que realizan la extracción del agua subterránea a diferentes caudales.

La extracción de agua es una actividad constante que tiene que realizarse en todo momento del proceso productivo; y se observa que, en la minera, muchas electrobombas, salen de operación debido a fallos que presentan constantemente, en algunos casos obligan a que el proceso de extracción del oro se paralice.

De los 365 días del año 2015, las 9 electrobombas siempre han registrado, ingreso al taller de electricidad para su reparación de algún mecanismo, por lo cual involucra tiempo de no funcionamiento, siendo cubierta su funcionamiento por las demás electrobombas.

Sin embargo, en muchos casos, el problema de reparación de las electrobombas, no es exclusivamente del área de mantenimiento, sino que involucra otras áreas como son la de administración, debido a que no realizan los pagos oportunos a los proveedores, no realizan la compra de los repuestos que deben ser asignados a los almacenes de los talleres.

## **1.2 Trabajos previos**

(Zúñiga 2012, p. 1), “Manual de certificación para talleres en el diagnóstico, reparaciones e instalación de equipos de bombeo y mezcladores sumergibles flygt”, la elaboración de este proyecto permitió aplicar en diversas tareas los conocimientos adquiridos en el periodo de estudio de la ingeniería, además de desarrollar habilidades y estrategias de mercado siempre enfocados a mantenimiento.

Se pudo entender la importancia de la estandarización de los procesos, políticas, objetivos y métodos de trabajo, entre diferentes compañías que buscan un mismo fin, sin duda esto les permitirá tener una mejor relación y presencia dentro del mercado. La realización de los procedimientos y establecer los diferentes lineamientos y requisitos para los talleres de servicio, permitió tener una visión más amplia y clara de las medidas de seguridad, el equipamiento y la capacitación que se deben tener para poder realizar las distintas tareas dentro de las áreas de trabajo, y a su vez ayudo también a mejorar las condiciones con las que se contaba en la empresa.

(Viveros y Stegmaier 2013, p. 5), en su investigación “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo” el escenario actual de las organizaciones con alta dotación de activos indica que las necesidades de mantenimiento han ido aumentando durante los últimos años, por lo cual se estima conveniente que la evaluación de estrategias de mantenimiento, la selección de tareas y por ende la gestión global del mantenimiento en la organización se deba manejar de manera formal y responsable, dejando de lado la improvisación y aleatoriedades.

Este artículo desarrolla un modelo de gestión de mantenimiento bajo la visión de mejora continua, considerando una revisión profunda de un conjunto

representativo de modelos de gestión de mantenimiento, los cuales siguen una secuencia lógica de actuación jerarquizada.

El modelo propuesto consigue alinear los objetivos locales del mantenimiento con los objetivos globales del negocio en un marco de mejora continua. Además, propone algunas herramientas de apoyo en las principales etapas del modelo, dando a conocer las principales bondades y funcionalidad dentro del ciclo propuesto. Mediante estas herramientas, se entrega soporte en la toma de decisiones lógicas de gestión y optimización de una manera real y continua en todos los procesos que tienen que ver con la planificación, programación y ejecución del mantenimiento, teniendo en cuenta el contexto operacional y contemplando todas las restricciones que pueden afectar a la eficiencia y/o eficacia de la gestión del mantenimiento.

(Abella 2014, p. 2), en tu trabajo de investigación denominada “Optimización del uso de convertidores de frecuencia con bombas centrifugas y motores trifásicos en sistemas de bombeo fotovoltaico” Nos indica que los sistemas de bombeo (generador fotovoltaico) fv que utilizan convertidores de frecuencia Pueden ser más económicos que otros sistemas tradicionalmente utilizados, sin un decrecimiento de la fiabilidad ni del rendimiento. Por otro lado, los (convertidor de frecuencia) fc ofrecen una alternativa para los sistemas de media y elevada potencia donde no se dispone de productos comerciales para bombeo fv. No es necesario realizar ninguna modificación externa de los fc para operar con generadores fv, basta con una adecuada programación para trabajar a tensión constante de generador fv.

El nivel de tensión de trabajo es un parámetro crítico, pero si se realiza adecuadamente en función de las características del generador fv y de las condiciones ambientales las pérdidas por no seguimiento del punto de máxima potencia pueden minimizarse a un valor inferior al 2% anual. Se puede utilizar un circuito electrónico de diseño simple y bajo coste para corregir la tensión de operación en función de la temperatura de operación de los módulos se hace necesaria una adecuada programación del fc para su óptima operación en sistemas fv.

La selección de un control tensión/frecuencia cuadrática ( $v \sim f^2$ ) ya implementada en muchos de los fc es el control óptimo para la operación de bombas centrífugas. De este modo se maximiza el número de horas de operación durante el día, minimizando los umbrales de arranque y maximizando el rendimiento medio diario del sistema. Se ha desarrollado un modelo simplificado, validado experimentalmente, para convertidores de frecuencia operando motores de inducción y bombas centrífugas, ello permite disponer de la herramienta que permita la selección de la bomba más adecuada para cada aplicación.

(Yepes, 2014, p, 6). En su estudio nos dice que en las operaciones y procesos industriales existen requerimientos de flujo en los que es necesario utilizar una bomba o un sistema de bombeo, esto puede ser porque la demanda de gasto o de carga del proceso sea excesivamente variable una bomba centrífuga consiste en un dispositivo que permite convertir la energía de un motor, bien sea eléctrico o turbina en primer lugar, en energía cinética para luego convertirla en energía de presión. La práctica a realizar es vital para el conocimiento de las curvas características que poseen las bombas ya que con la interpretación de estas curvas podemos saber si una bomba está trabajando dentro de los parámetros para lo cual fue diseñada, es decir, a través de estas curvas podemos conocer los valores nominales de caudales a los cuales debe trabajar la bomba. Para el estudio de este efecto, hay un factor denominado npsh (net positive suction head, en inglés) que está relacionado con la energía de altura en la succión de la bomba. Este parámetro nos permite definir la energía mínima en la succión, npshr, para que no entre en cavitación, y la energía que debe ser mayor al requerido, npshd.

(León 2015, p. 5), en su investigación *“Servicio de reparación de los equipos del sistema de bombeo del área de servicios mina – fuera de mina”*, este estudio da a conocer el mantenimiento mecánico de equipos de bombeo inadecuados correspondiente a electrobombas, bombas de minera yanacocha para el área de mantenimiento servicios Mina – Cajamarca, la cual está presentado dificultades en el rendimiento y fiabilidad de estos equipos (3 de cada 4 electrobombas) fallan por falta de inspecciones programadas , programas de mantenimiento preventivo correctivo, un mantenimiento

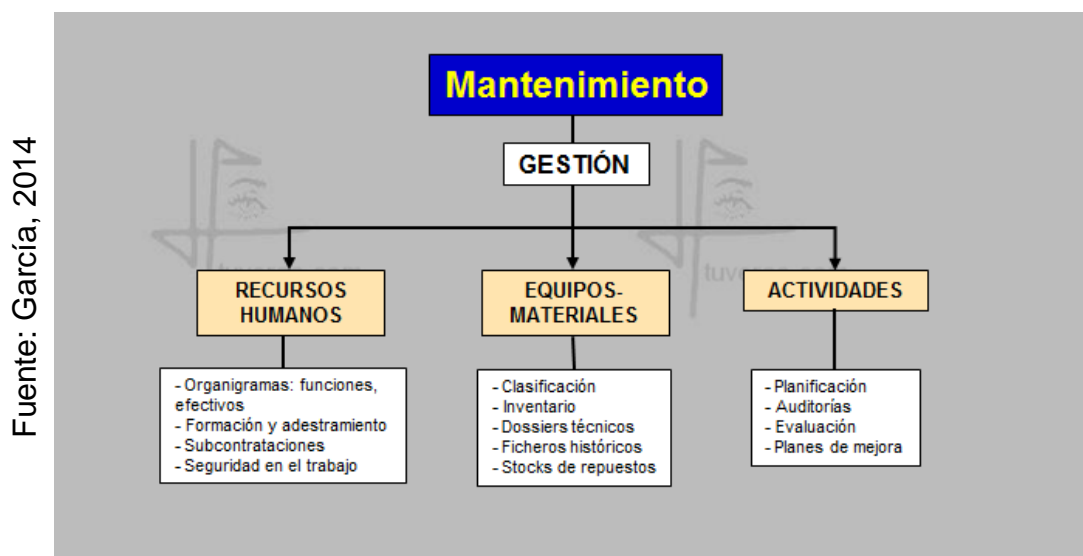
inadecuado, personal no capacitado para este tipo de mantenimiento. La cual este proyecto está enfocado a realizar la optimización y fiabilidad de estos equipos brindando un servicio con alta disponibilidad de equipos y herramientas adecuadas, los cuales cuenten con el mayor nivel de confiabilidad durante su funcionamiento.

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### Gestión de mantenimiento

(Pico 2011, p, 15) define a la gestión del mantenimiento como: aquellas actividades de la gestión que determinan los objetivos del mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades, que se las realiza por medio de planificación del mantenimiento, control y supervisión del mantenimiento, y mejora de los métodos en la organización incluyendo los aspectos económicos.

Figura 4



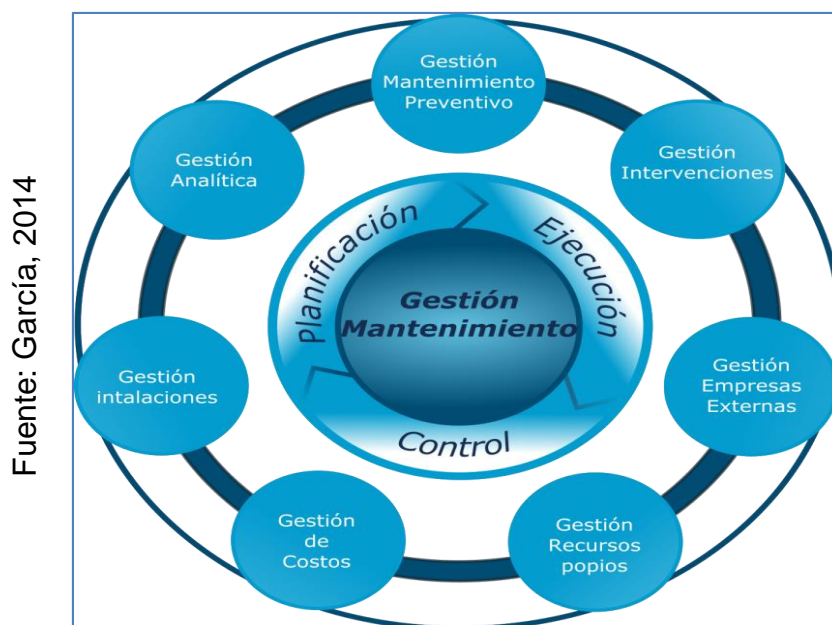
#### Elementos de la gestión del mantenimiento

Es importante comprender por gestión, el arte, donde están implícitas las actitudes y aptitudes de los individuos, para lograr que las cosas se hagan correctamente. El objetivo principal del mantenimiento planificado es buscar establecer un sistema de gestión de la disponibilidad y mantenimiento de los equipos, facilitar la gestión de repuestos aumentar el tiempo entre fallos, facilitar la mantenibilidad, prevenir el deterioro, prever averías, etc.



El concepto actual de la gestión de mantenimiento, está determinado por sus índices de: fiabilidad, mantenimiento y disponibilidad

Figura 4



Integración para una buena gestión de mantenimiento

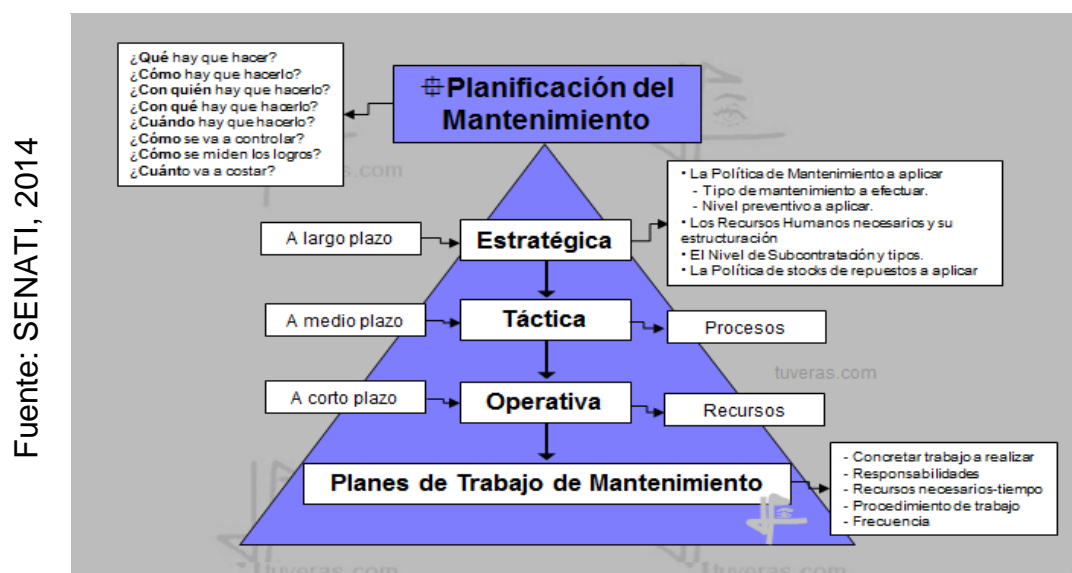
**(Pablo 2012, p, 2) Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas: desarrollo e implementación de un modelo real y factible para la gestión global del mantenimiento** se ha convertido en un tema de investigación y discusión fundamental para alcanzar un buen desempeño en la gestión de mantenimiento, cuyos objetivos están alineados al cumplimiento de los objetivos de la empresa. La moderna gestión del mantenimiento incluye todas aquellas actividades destinadas a determinar objetivos y prioridades de mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades.

Todo ello facilita la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento, buscando siempre una mejora continua y teniendo en cuenta aspectos económicos relevantes para la organización. Una adecuada gestión del mantenimiento, teniendo en cuenta el ciclo de vida de cada activo físico, debe cumplir con los objetivos de reducir los costos globales de la actividad

productiva, asegurar el buen funcionamiento de los equipos y sus funciones, disminuir al máximo los riesgos para las personas y los efectos negativos sobre el medio ambiente, generando, además, procesos y actividades que soporten los objetivos mencionados

(Carlos 2009, p, 45) define al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento la labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral. Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos maquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con este fin. El mantenimiento se divide en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

Figura 5



Planificación del mantenimiento

(Senati 2014, p, 13), nos dice que es un planeamiento estratégico del mantenimiento siendo la estrategia el método para aportar soluciones y tener comportamientos diseñados y controlados, la estrategia es por lo tanto un plan de utilización y asignación de los recursos disponibles con el fin de lograr un objetivo específico, en los mismos términos podemos afirmar de la estrategia del mantenimiento - que se inscribe dentro del de la empresa – es decir contar con su propio planificación y objetivos.

Es importante considerar la cultura de la organización para poder hacer “planeación estratégica”; cultura cuyos factores deban mostrar la existencia o no de esta (autonomía, estructura, grados de identidad, grado de formalidad, reconocimiento al desempeño, tolerancia al conflicto, tolerancia al riesgo, etc.) En los niveles que nos permitan contar con los valores con los que se pueda definir el perfil cultural del mantenimiento, observando la posibilidad de la implantación de nuevas estrategias, pues se manejan las manifestaciones de la cultura empresarial.

### **Áreas de la gestión del mantenimiento.**

El área de ingeniería de mantenimiento cuya misión de esta área es optimizar la forma como se realiza el mantenimiento en todos sus ámbitos, para ello debe:

Estudiar y eliminar las fallas frecuentes (según estadísticas)

Mejorar el plan matriz de mantenimiento (completarlo y optimizarlo en forma permanente)

Mejorar contratos de servicios

Mejorar convenios de repuestos y suministros.

Proponer mejoras logísticas.

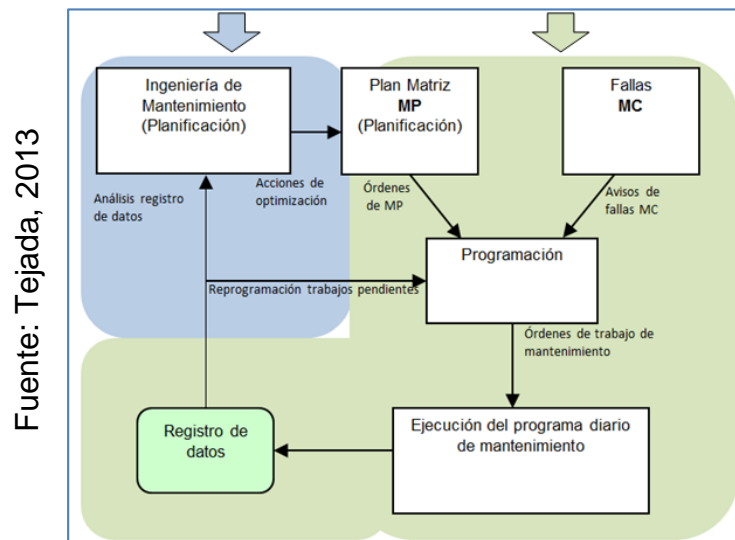
La ingeniería de mantenimiento a veces llamada área de planificación se preocupa de mejorar el mantenimiento en el mediano y largo plazo.

El área de ejecución de los trabajos de mantenimiento (órdenes de trabajo) cuya misión es asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo, para ello debe:

- Programar las actividades tanto preventivas como correctivas. Para lo cual debe coordinar el momento preciso para efectuar los trabajos.
- Asegurarse de que los trabajos son ejecutados con calidad.
- Registrar la información de mantenimiento para retro-alimentar ambas áreas.

La programación de actividades asegura la ejecución del mantenimiento de corto plazo

Figura 6



### Programación del mantenimiento

#### Disponibilidad y confiabilidad.

#### Disponibilidad

Se determina como la posibilidad de que una máquina esté listo para la elaboración en un período de duración, y no esté inoperativo por fallas o reajustes.

Definimos que la disponibilidad depende de:

- La repetición de las deficiencias.
- Al periodo que nos demore en reiniciar el trabajo.

Se expresa que:

$$D = t_{pef} / (t_{pef} + t_{ppr})$$

Donde:

Mtbf = tiempo centro entre defectos.

Mttr = tiempo centro de arreglo.

“Se determina como la posibilidad de que un conjunto desempeñe correctamente las actividades para las cuales se plantea” (rodríguez, 2010, p. 73).

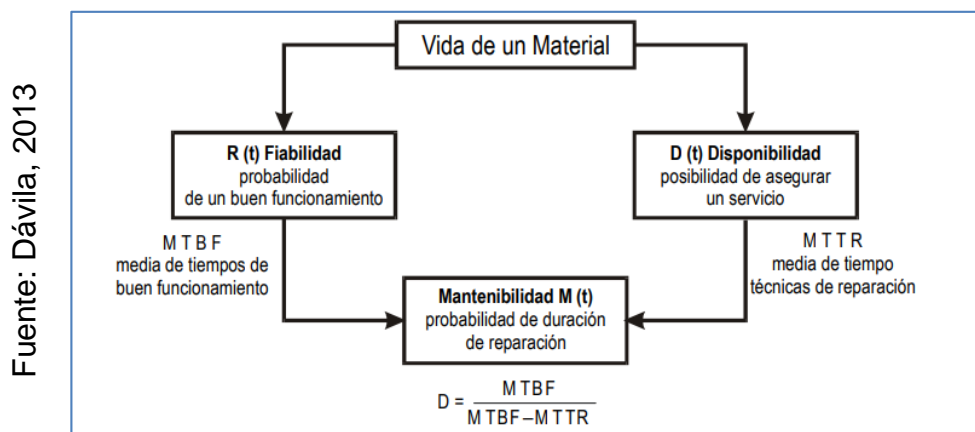
Se determina como la posibilidad de que un conjunto desempeñe correctamente las actividades para las cuales se plantea, durante un límite de periodo determinado y bajo acciones normales de actuación. El lapso centro en averías es una muestra de la confiabilidad, entre más elevado sea este, más grande es la confiabilidad conjunta y se cuenta mediante la siguiente expresión: (rodríguez, 2010, p. 73)

$$M_{tbf} = n^{\circ} \text{ de horas totales del periodo} / n^{\circ} \text{ de averías}$$

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

En la figura 7, se muestra la relación entre los indicadores de mantenimiento, es decir la disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad.

Figura 7



Relación entre indicadores de mantenimiento.

## **Confiabilidad**

La capacidad de un componente, equipo o sistema, de no descomponerse o fallar durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas.

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

R(t): confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

E: constante neperiana (e=2. 303..)

$\Lambda$ : tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

T: tiempo

La confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.

## **Bombas centrífugas.**

(Quiminet 2012, p. 6), una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas. El rodete produce una carga de presión por la rotación del mismo dentro de una cubierta. Las diferentes clases

de bombas se definen de acuerdo con el diseño del rodete, el que puede ser para flujo radial o axial.

### **Tipos de bombas centrífugas.**

#### **a) Bombas centrífugas radiales**

(Saldarriaga s.f., p. 1), este rodete envía por una fuerza centrífuga, el flujo del fluido en dirección radial hacia la periferia de aquel. La carga de velocidad es convertida a carga de presión en la descarga de la bomba. Por lo general, los alabes (aletas) de estos rodetes están curvados hacia atrás. El rodete radial ha sido el tipo más comúnmente usado.

#### **b) Bombas centrífugas axiales**

(Sulzer s.f., p. 1), la corriente líquida se verifica en superficies cilíndricas alrededor del eje de rotación. La energía se cede al líquido por la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo.

#### **c) Bombas centrífugas diagonales**

(Martínez s.f, p. 10), este tipo de bomba ocupa una posición intermedia entre la centrífuga y la de flujo axial (en realidad, muchas veces se incluye dentro del primer grupo), tanto en la dirección del flujo de agua (que es producido conjuntamente por la fuerza centrífuga y por el empuje de los alabes) como en el propio funcionamiento.

### **1.4 Formulación del problema.**

¿En qué medida la propuesta de gestión de mantenimiento permite determinar el incremento de disponibilidad y confiabilidad de las electrobombas centrífugas en minera Yanacocha 2017?

### **1.5 Justificación del estudio**

#### **Justificación teórica**

Para realizar una justificación teóricamente esta investigación se observó que en los últimos 02 años el costo del mantenimiento de las electrobombas centrífugas se ha incrementado en un 30%, y que, con la finalidad de aportar el

mejoramiento y durabilidad de estos equipos, se optó por utilizar una propuesta de gestión de mantenimiento de las electrobombas centrífugas.

### **Justificación metodológica**

Realizando una justificación metodológica y considerando que minera yanacocha tiene recursos para garantizar el mejoramiento de las electrobombas la cual se tomaran datos como son, la acides de las aguas con las que trabajan, distancias a donde se llevara las aguas, de acuerdo a estos datos se verá si las electrobombas están trabajando a de acuerdo a su hoja técnica.

### **Justificación práctica**

En la práctica se realizará evaluaciones técnicas para mejorar la toma de decisiones en el tipo de mantenimiento a realizar, teniendo en cuenta el tiempo y costo de reparación. Brindar información relevante en tipo de aplicación de cada equipo para el mejor rendimiento de las electrobombas. Optimizar, conservar el correcto funcionamiento, desempeño de los equipos y mermar el número fallos imprevistos dentro de la operación y desempeño.

### **Justificación económica**

La propuesta de gestión de mantenimiento para la empresa minera Yanacocha permitirá mejorar su productividad al mejorar el servicio de las electrobombas centrífugas atreves de una propuesta de gestión de mantenimiento.

### **Justificación social**

En los estudios de opinión se revela que la consideración de la propuesta de gestión de mantenimiento, de cómo generar un plan de mantenimiento es la principal razón esgrimida para justificar su positiva imagen social, seguida de su potencial para crear riqueza y empleo.

### **1.6 Hipótesis**

La gestión de mantenimiento permitirá determinar el incremento de la confiabilidad y disponibilidad de las electrobombas centrífugas en minera yanacocha 2017.



## **1.7 Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar qué impacto genera la gestión de mantenimiento para incrementar la confiabilidad y disponibilidad de las electrobombas centrífugas en minera yanacocha, 2017.

### **Objetivos específicos.**

- Realizar un diagnóstico actual del funcionamiento de las electrobombas, determinado por los indicadores de confiabilidad y disponibilidad.
- Proponer planes, acciones y medidas a implementarse, gestionando las labores de mantenimiento para mejorar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de las electrobombas de extracción de agua en la minera Yanacocha.
- Realizar una evaluación técnico económico de la propuesta.

## II. METODO

### 2.1 Diseño de Investigación:

(Hernández, Fernández y baptista 2010, p. 6), los diseños de investigación descriptiva recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El tipo de investigación en este proyecto de tesis será **aplicada**, porque esto se debe que se emplearan las teorías establecidas en el entendimiento de situaciones problemáticas o planteamiento de soluciones en problemas específicos y también es una investigación de **tipo descriptivo** propositivo ya que se describirán distintos elementos de la situación del problema.

### 2.2 variables operacionalización

#### 2.2.1 Identificación de Variables

**Independiente:** gestión de mantenimiento.

**Dependiente:** confiabilidad y disponibilidad de las electrobombas centrífugas

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Dependiente. Gestión de mantenimiento	Conjunto de actuaciones orientadas a corregir, mediante la conservación adecuada, el desgaste que por el uso se produce en las instalaciones (miranda, s.f., p. 1).	Estrategia y responsabilidad para realizar con planificación, ejecución y control del mantenimiento de las electrobombas para la minera yanacocha.	Planificación. Ejecución Control	Razón o proporción
Independiente: Confiabilidad y disponibilidad de las electrobombas centrífugas	La confiabilidad es la capacidad de las electrobombas de no descomponerse o fallar durante el tiempo	El incremento de la confiabilidad y la disponibilidad de las electrobombas centrífugas	Confiabilidad Disponibilidad	Razón o proporción

	previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas, en cambio la disponibilidad es la probabilidad de que las electrobombas se encuentren operando en óptimas condiciones en un instante de tiempo y bajo condiciones de trabajo normales	garantizan la cantidad de agua para los procesos de extracción del oro.		
--	--	---	--	--

## 2.2.2 operacionalización de variables

## 2.3 Población y Muestra

### Población:

En la presente investigación la población objeto de estudio se encuentra conformado por las 13 electrobombas centrífugas que tienen una potencia instalada de 2221 hp

Tabla 1

Item	Equipo	Marca	Modelo	Potencia hp
1	Electrobomba	Hydroflo	9h18stg	350
2	Electrobomba	Magnun	L	85
3	Electrobomba	Magnun	H	85
4	Electrobomba	Magnun	N	85
5	Electrobomba	Hydroflo	9h18stg	350
6	Electrobomba	Sulzer	8h-1000	200
7	Electrobomba	Flygt	2400	140
8	Electrobomba	Hidrostal	14ls	300
9	Electrobomba	Sulzer	8m-700	200
10	Electrobomba	Grindex	Master h	13
11	Electrobomba	Grindex	Master h	13
12	Electrobomba	Sulzer	8h-1000	200

13	Electrobomba	Sulzer	8h-1000	200
Tota				2221

Población de estudio del proyecto

Fuente: Administración de Yanacocha, 2017

### **Muestra:**

La muestra considerada para el presente trabajo de investigación está conformada por la población objeto de estudio.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnica de Recolección de datos:**

(Hernández, Fernández y baptista 2010, p. 5), Una técnica es el conjunto de mecanismos, medios y procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico.

En este proyecto de investigación se utilizarán dos técnicas fundamentales realizadas directamente en campo:

**a) Revisión documental:** Esta técnica nos ayudara a obtener información relacionada con el tema de la investigación, todo esto gracias a libros, tesis de licenciatura, tesis de maestría, publicaciones en el internet.

**b) Encuestas:** Aplicando encuestas al personal operativo de las electrobombas se obtendrá el grado de conocimiento que se tiene acerca de la gestión de mantenimiento, optimización y fiabilidad y de cómo este serviría para el cuidado de los equipos obteniendo maquinas más fiables y con un mejor rendimiento.

### **2.4.2 Instrumentos de Recolección de datos.**

(Grinnell 2009, p. 3), Los instrumentos son los medios tangibles por medio del cual se obtendrán los datos sobre las variables que se tienen en mente.

A continuación, los instrumentos que se utilizaran en el presente proyecto:

#### **a. Hoja de encuesta:**

Se realizará al personal técnico de la empresa para conocer las fallas más frecuentes y los tiempos de interrupción.

**b. Ficha de recolección de datos:**

Se elaboraron en 2 secciones:

- Primera para obtener la información sobre las fallas de las electrobombas
- Segunda para obtener información del por qué fallan la electrobomba.

**2.4.3 Validez y Confiabilidad**

**Validez:** la validación del siguiente proyecto de investigación se haría mediante la propuesta de gestión de mantenimiento para la optimización y fiabilidad de las electrobombas centrífugas en minera yanacocha, 2016, ya que se tendrá en cuenta la interpretación correcta y cuidado exhaustivo del proceso metodológico de los resultados que obtendremos en el estudio.

**Confiabilidad:** la presente investigación científica empleara instrumentos para la investigación ya validados por autores que han realizado estudios relacionados al tema por lo consiguiente se está citando a los autores añadiendo año de publicación y numero de página de la cual se obtiene la información presentada.

**2.5 Métodos de análisis de datos**

(Hernández, Fernández y baptista 2010, p. 4), En la investigación uno de los instrumentos muy importante para el análisis de datos es la estadística, a través de la cual el investigador debe explicar los resultados y el procedimiento para llegar a ellos.

En nuestro proyecto de investigación se utilizará la **estadística descriptiva** como método para el análisis de los datos obtenidos mediante nuestro instrumento (cuestionario de encuesta y recolección de datos).

Dicha información nos brindada los manuales y estudios de las electrobombas y será analizada e interpretada mediante gráficos porcentuales de distribución.

## **2.6 Aspectos éticos.**

En el presente proyecto de investigación se considerarán ciertos aspectos éticos como el respeto a la propiedad intelectual, el respeto a la información confidencial, además al aplicar el instrumento de recolección de datos se procurará evitar herir la susceptibilidad de los individuos que participarán en el estudio; respetando su privacidad y protegiendo su identidad, proporcionándonos resultados honestos y confiables.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Realizar un diagnóstico actual del funcionamiento de las electrobombas, determinado por los indicadores de confiabilidad y disponibilidad.

##### Ritmo de operación de las electrobombas

Actualmente, las electrobombas que llevan el agua hasta la planta de tratamiento, son alimentados del sistema eléctrico convencional a un nivel de tensión trifásico de 380 voltios, y cuenta con sistemas de protección de puesta a tierra, así como tableros de control eléctricos, con relés, contactores, fusibles, sistema de control automático de apagado y prendido entre otros.

Las electrobombas extraen agua desde unos tanques de almacenamiento de agua subterránea, y para ello tienen un funcionamiento entre 8 y 12 horas día, de acuerdo a los requerimientos de agua en la planta de tratamiento. La planta de tratamiento requiere un flujo de agua entre 800 y 1200 metros cúbicos por hora.

En la tabla 2, se muestra el ritmo de funcionamiento de las electrobombas por día, en el cual se puede apreciar que los tiempos de funcionamiento de cada electrobomba oscila entre 8 y 12 horas, y eso está en función a los requerimientos de agua en la planta de tratamiento de la extracción de oro.

Tabla 2

Item	Equipo	Marca	Modelo	Potencia hp	Horas de funcionamiento /día
1	Electrobomba	Hydroflo	9hl8stg	350	10.5
2	Electrobomba	Magnun	L	85	9
3	Electrobomba	Magnun	H	85	8
4	Electrobomba	Magnun	N	85	8.5
5	Electrobomba	Hydroflo	9hl8stg	350	11
6	Electrobomba	Sulzer	8h-1000	200	10.3
7	Electrobomba	Flygt	2400	140	9.8
8	Electrobomba	Hidrostal	14ls	300	10.9
9	Electrobomba	Sulzer	8m-700	200	11.3
10	Electrobomba	Grindex	Master h	13	7
11	Electrobomba	Grindex	Master h	13	7.5
12	Electrobomba	Sulzer	8h-1000	200	10
13	Electrobomba	Sulzer	8h-1000	200	10.9
Tota				2221	

Registro de funcionamiento de electrobomba de agua

En la tabla 2, se puede observar que las electrobombas de mayor potencia, son las que tienen un promedio de operación superior a las 10 horas.

Las electrobombas en mención operan en dos turnos, ya sea de 8.00 a 20.00 horas, y de 20.00 a 08.00 horas del día siguiente, por lo tanto, se operan de acuerdo a las necesidades de agua de la planta de tratamiento, el sistema aún no es automatizado, por lo tanto, el control se hace de manera manual, y los operarios hacen la conexión de acuerdo a coordinaciones con personal de la planta de tratamiento.

### Registro de paradas por reparación.

Se tiene un registro de los tiempos de reparación de cada electrobomba y el número de veces que éstas han estado inoperativas, por problemas en los circuitos internos de los motores eléctricos de las bombas o por desgastes en la parte mecánica de la electrobomba

Tabla 3

Item	Equipo	Marca	Número de veces al año fuera de servicio	Horas en cada reparación																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Electrobomba	Hydroflo	10	33	24	24	22	24	32	24	31	25	32								
2	Electrobomba	Magnun	12	43	38	43	34	43	47	32	36	40	42	37	39						
3	Electrobomba	Magnun	15	29	28	32	34	37	33	31	30	28	31	36	34	33	39	29			
4	Electrobomba	Magnun	18	32	30	31	34	33	31	34	36	35	39	31	29	31	28	33	37	28	39
5	Electrobomba	Hydroflo	15	32	33	31	32	36	32	26	32	32	37	35	35	37	31	33			
6	Electrobomba	Sulzer	16	32	33	29	25	33	30	26	41	32	25	32	33	32	30	38	31		
7	Electrobomba	Flygt	13	28	23	21	29	31	30	26	41	32	23	31	38	31					
8	Electrobomba	Hidrostal	15	31	17	17	22	27	30	26	41	32	29	43	42	45	41	31			
9	Electrobomba	Sulzer	18	34	35	32	29	38	32	36	31	39	31	31	36	31	32	34	34	27	34
10	Electrobomba	Grindex	5	28	33	29	25	33													
11	Electrobomba	Grindex	6	41	33	29	25	33	30												
12	Electrobomba	Sulzer	13	33	41	28	24	36	39	26	41	33	39	31	33	31					
13	Electrobomba	Sulzer	17	37	16	31	25	39	28	29	38	32	29	32	35	31	38	33	39	34	

Horas de cada una de las reparaciones de las electrobombas minera Yanacocha

Fuente: Área de Mantenimiento 2017



En la tabla 3, se observa según reportes del área de mantenimiento, el tiempo de reparación de cada electrobomba, es decir el tiempo durante cada parada en el año 2017. El número de horas de reparación deben ser contabilizadas en días, teniendo en cuenta el promedio de funcionamiento de cada electrobomba de acuerdo a la tabla 2.

Teniendo en cuenta el número de horas en promedio de funcionamiento de cada electrobomba, se obtiene el número de días en los cuales las electrobombas están en reparación, es decir los días que no estuvieron disponibles para su utilización.

Tabla 4

Item	Equipo	Marca	Número de veces al año fuera de servicio	Tota horas sin funcionamiento	Horas promedio de funcionamiento al año	Días total empleados en reparación
1	Electrobomba	Hydroflo	10	271	10.5	26
2	Electrobomba	Magnun	12	474	9	53
3	Electrobomba	Magnun	15	484	8	61
4	Electrobomba	Magnun	18	591	8.5	70
5	Electrobomba	Hydroflo	15	494	11	45
6	Electrobomba	Sulzer	16	502	10.3	49
7	Electrobomba	Flygt	13	384	9.8	39
8	Electrobomba	Hidrostal	15	474	10.9	43
9	Electrobomba	Sulzer	18	596	11.3	53
10	Electrobomba	Grindex	5	148	7	21
11	Electrobomba	Grindex	6	191	7.5	25
12	Electrobomba	Sulzer	13	435	10	44
13	Electrobomba	Sulzer	17	546	10.9	50

Días totales en reparación empleados al año

Fuente: Autoría Propia.

Cálculo de la disponibilidad.

$$D = \text{mtbf} / (\text{mtbf} + \text{mttr})$$

Donde:

D: disponibilidad.

Mtbf = tiempo promedio entre defectos.

Mttr = tiempo promedio de arreglo.

En la tabla 5, se muestra los cálculos de los tiempos promedio entre defectos, que resulta de obtener un promedio aritmético de los tiempos que se demoran la electrobomba en sufrir una reparación, y el tiempo que demora la electrobomba en repararse.

Tabla 5

Item	Equipo	Marca	Número de veces al año fuera de servicio	Tota horas	Horas promedio de funcionamiento al año	Días total empleados en reparación	Mtbf (días)	Mttr (días)	Disponibilidad (%)
1	Electrobomba	Hydroflo	10	271	10.5	26	33.9	2.6	92.9
2	Electrobomba	Magnum	12	474	9	53	26.0	4.4	85.6
3	Electrobomba	Magnum	15	484	8	61	20.3	4.0	83.4
4	Electrobomba	Magnum	18	591	8.5	70	16.4	3.9	81.0
5	Electrobomba	Hydroflo	15	494	11	45	21.3	3.0	87.7
6	Electrobomba	Sulzer	16	502	10.3	49	19.8	3.0	86.6
7	Electrobomba	Flygt	13	384	9.8	39	25.1	3.0	89.3
8	Electrobomba	Hidrostal	15	474	10.9	43	21.4	2.9	88.1
9	Electrobomba	Sulzer	18	596	11.3	53	17.3	2.9	85.5
10	Electrobomba	Grindex	5	148	7	21	68.8	4.2	94.2
11	Electrobomba	Grindex	6	191	7.5	25	56.6	4.2	93.0
12	Electrobomba	Sulzer	13	435	10	44	24.7	3.3	88.1
13	Electrobomba	Sulzer	17	546	10.9	50	18.5	2.9	86.3

Promedio de disponibilidad de las electrobombas: 87.82%

Fuente: Autoría Propia.

Cálculo de la disponibilidad de las electrobombas de minera yanacocha.

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

R(t): confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

E: constante neperiana ( $e=2.303$ )

$\Lambda$ : tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

T: tiempo.

Tabla 6

Item	Equipo	Marca	Número de veces al año fuera de servicio	Mtbf (días)	Confiabilidad en 1 año	Confiabilidad en 2 años	Confiabilidad en 3 años
1	Electrobomba	Hydroflo	10	33.9	97.09	94.27	91.54
2	Electrobomba	Magnun	12	26.0	96.23	92.60	89.11
3	Electrobomba	Magnun	15	20.3	95.19	90.62	86.26
4	Electrobomba	Magnun	18	16.4	94.09	88.53	83.30
5	Electrobomba	Hydroflo	15	21.3	95.42	91.05	86.88
6	Electrobomba	Sulzer	16	19.8	95.07	90.38	85.92
7	Electrobomba	Flygt	13	25.1	96.09	92.33	88.72
8	Electrobomba	Hidrostal	15	21.4	95.44	91.09	86.94
9	Electrobomba	Sulzer	18	17.3	94.40	89.11	84.12
10	Electrobomba	Grindex	5	68.8	98.56	97.13	95.73
11	Electrobomba	Grindex	6	56.6	98.25	96.53	94.84
12	Electrobomba	Sulzer	13	24.7	96.04	92.23	88.58
13	Electrobomba	Sulzer	17	18.5	94.74	89.77	85.05

Confiabilidad de los equipos en el primer, segundo y tercer año

Fuente: Autoría Propia.

### 3.2 Proponer planes, acciones y medidas a implementarse, gestionando las labores de mantenimiento para mejorar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de las electrobombas de extracción de agua en la minera yanacocha.

Plan de reparación e inspección de electrobomba

Tabla 7

Reparación e inspección de electrobombas en taller mantenimiento																						
Ítem	Tarea	Tiempo	Descripción	Horas de trabajo																		
				08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00
Día 01																						
1	Lavado de electrobomba.	30 min.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lavado de electrobomba con agua y aire a presión.</li><li>• Traslado de electrobomba para su respectivo megado.</li></ul>																			
2	Prueba de aislamiento de electrobomba.	01 hora.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Con el apoyo de un megómetro se hace la prueba de aislamiento.</li></ul>																			
3	Desconexión de cables eléctricos.	01 hora.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Retirar pernos de bornera, extraer cables de alimentación.</li></ul>																			
4	Desmontaje de descarga.	30 min.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Retirar pernos de descarga</li></ul>																			
5	Desmontaje de los difusores.	30 min.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extracción de pernos con el apoyo del puente grúa se retira los difusores.</li></ul>																			





[illegible]

<ul style="list-style-type: none"><li>• Martillo de bola.</li><li>• Palanca ratchet.</li><li>• Martillo de goma.</li><li>• Juego de llaves allen.</li><li>• Extractor rodamientos de uñas.</li><li>• Cáncamo.</li><li>• Fitting tool.</li><li>• Megómetro.</li><li>• Pinza extractora de anillos seeger.</li><li>• Alicata mecánico.</li><li>• Vernier.</li><li>• Inductor magnético de rodamientos.</li><li>• Pata de cabra.</li><li>• Llave stillson.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grúa-puente</li><li>• Repuestos (kit de o' ring, rodamientos, sellos)</li><li>• Equipo de izaje.</li><li>• Equipo de oxicorte</li><li>• Prensa hidráulica</li><li>• Pintura epóxica.</li><li>• Thinner</li><li>• Brochas</li><li>• Estoca.</li><li>• Ss 25.</li><li>• Eslinga.</li><li>• Aceite wd-40.</li></ul>	
<b>Epps:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Casco de seguridad.</li><li>• Lentes de seguridad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zapatos de seguridad.</li><li>• Guantes de cuero o neopreno.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uniforme dril.</li></ul>
<b>Personal:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• 02 técnicos mecánicos.</li></ul>		



### 3.2.3 Cálculo de nuevos indicadores de mantenimiento.

Se proyecta con los planes de mantenimiento, con tiempos de reparación, que el número de veces que las electrobombas estarán fuera de servicio serán del 30% menos con respecto a lo actual, por lo cual en las siguientes tablas se determina con ello, los nuevos índices de mantenimiento, manteniendo la misma cantidad de horas de funcionamiento al día.

Tabla 8

Item	Equipo	Marca	Horas de funcionamiento /día	Número de veces al año fuera de servicio	Proyección de número de veces al año fuera de servicio
1	Electrobomba	Hydroflo	10.5	10	7
2	Electrobomba	Magnun	9	12	8
3	Electrobomba	Magnun	8	15	11
4	Electrobomba	Magnun	8.5	18	13
5	Electrobomba	Hydroflo	11	15	11
6	Electrobomba	Sulzer	10.3	16	11
7	Electrobomba	Flygt	9.8	13	9
8	Electrobomba	Hidrostal	10.9	15	11
9	Electrobomba	Sulzer	11.3	18	13
10	Electrobomba	Grindex	7	5	4
11	Electrobomba	Grindex	7.5	6	4
12	Electrobomba	Sulzer	10	13	9
13	Electrobomba	Sulzer	10.9	17	12

Proyección del número de veces al año fuera de servicio

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 9

Item	Equipo	Marca	Sin gestión de mantenimiento (actual)						Con gestión de mantenimiento (proyectado)			
			Número de veces al año fuera de servicio	Total horas sin funcionamiento al año	Horas promedio de funcionamiento al año	Días total empleados en reparación	Mtbf (días)	Disponibilidad (%)	Proyección total horas sin funcionamiento al año	Proyección días total empleados en reparación	Proyección de mtbf (días)	Proyección disponibilidad (%)
1	Electrobomba	Hydroflo	10	271	10.5	26	33.9	92.9	189.7	18	49.6	95.05
2	Electrobomba	Magnun	12	474	9	53	26.0	85.6	278.6	31	39.8	91.52
3	Electrobomba	Magnun	15	484	8	61	20.3	83.4	219.1	27	32.2	92.50
4	Electrobomba	Magnun	18	591	8.5	70	16.4	81	234.5	28	26.8	92.44
5	Electrobomba	Hydroflo	15	494	11	45	21.3	87.7	226.1	21	32.8	94.37
6	Electrobomba	Sulzer	16	502	10.3	49	19.8	86.6	214.2	21	30.7	94.30
7	Electrobomba	Flygt	13	384	9.8	39	25.1	89.3	198.8	20	37.9	94.44
8	Electrobomba	Hidrostral	15	474	10.9	43	21.4	88.1	190.4	17	33.1	95.21
9	Electrobomba	Sulzer	18	596	11.3	53	17.3	85.5	235.9	21	27.3	94.28
10	Electrobomba	Grindex	5	148	7	21	68.8	94.2	103.6	15	100.1	95.95
11	Electrobomba	Grindex	6	191	7.5	25	56.6	93	133.7	18	82.7	95.12
12	Electrobomba	Sulzer	13	435	10	44	24.7	88.1	238	24	37.5	93.48
13	Electrobomba	Sulzer	17	546	10.9	50	18.5	86.3	212.8	20	29.0	94.65

Promedio de proyección de disponibilidad: 94.1%

Fuente: Autoría Propia.

Proyección de disponibilidad aplicando gestión de mantenimiento

Tabla 10.

Item	Equipo	Marca	Horas de funcionamiento /día	Sin gestión de mantenimiento (actual)					Con gestión de mantenimiento (proyectado)				
				Número de veces al año fuera de servicio	Mtbf (días)	Confiabilidad en 1 año	Confiabilidad en 2 años	Confiabilidad en 3 años	Proyección de número de veces al año fuera de servicio	Proyección de mtbf (días)	Proyección confiabilidad en 1 año	Proyección confiabilidad en 2 años	Proyección confiabilidad en 3 años
1	Electrobomba	Hydroflo	10.5	10	33.9	97.09	94.27	91.54	7	49.6	98.00	96.04	94.13
2	Electrobomba	Magnun	9	12	26.0	96.23	92.60	89.11	8	39.8	97.52	95.10	92.73
3	Electrobomba	Magnun	8	15	20.3	95.19	90.62	86.26	11	32.2	96.94	93.97	91.09
4	Electrobomba	Magnun	8.5	18	16.4	94.09	88.53	83.30	13	26.8	96.33	92.80	89.40
5	Electrobomba	Hydroflo	11	15	21.3	95.42	91.05	86.88	11	32.8	97.00	94.09	91.26
6	Electrobomba	Sulzer	10.3	16	19.8	95.07	90.38	85.92	11	30.7	96.80	93.70	90.70
7	Electrobomba	Flygt	9.8	13	25.1	96.09	92.33	88.72	9	37.9	97.39	94.86	92.39
8	Electrobomba	Hidrostral	10.9	15	21.4	95.44	91.09	86.94	11	33.1	97.02	94.14	91.33
9	Electrobomba	Sulzer	11.3	18	17.3	94.40	89.11	84.12	13	27.3	96.40	92.94	89.60
10	Electrobomba	Grindex	7	5	68.8	98.56	97.13	95.73	4	100.1	99.01	98.02	97.05
11	Electrobomba	Grindex	7.5	6	56.6	98.25	96.53	94.84	4	82.7	98.80	97.61	96.44
12	Electrobomba	Sulzer	10	13	24.7	96.04	92.23	88.58	9	37.5	97.37	94.81	92.31
13	Electrobomba	Sulzer	10.9	17	18.5	94.74	89.77	85.05	12	29.0	96.61	93.34	90.18

Proyección de confiabilidad aplicando gestión de mantenimiento

Fuente: Autoría Propia.

## Evaluación económica de la propuesta

Realizar una evaluación técnico económico de la propuesta. En esta parte, se estudia los indicadores previa evaluación técnica del nuevo proceso del mantenimiento de acuerdo al diseño.

A continuación, se muestra un flujo de caja de los ingresos y egresos, de acuerdo a la propuesta de diseño de gestión del mantenimiento:

Tabla 11

Item	Equipo	Modelo	Fab.de repuestos	Mano / obra maestranza	Mantenimiento	Compra /suministros	Valor total (s/.)
1	Elect.bba flygth	Flygth	2400	1800	5200	6600	16000
2	Electrobomba grindex magnunn	Electro bba	32120	2200	5230	4810	44360
3	Bomba hidroflow	9hl	15200	2700	2356	1243	21499
4	Hydroflo	9ml	12343	2567	5115	0,00	20025
5	Bomba vertical	Goulds	13234	2688	3000	0,00	18922
6	Electrobomba master	Master - h	Inspección técnica	Inspección técnica	2000	0,00	2000
7	Bomba hidrostal	B14c	43212	4200	3134	1680	52226
8	Bomba grundfos	Grundfos	1949	875	1123	0,00	3947
9	Sulzer	8h-100	8444	2349	3243	0,00	14036
Total							193015

Costos operativos aplicación de la gestión del mantenimiento  
Fuente: Autoría Propia.

Haciendo un total de s/. 193015.00 por el plan de mantenimiento del equipamiento, adicionalmente a ello, para la implementación de la logística de la gestión del mantenimiento, se considera un 30% adicional, para cubrir costos administrativos; por lo tanto, la inversión mensual será de  $1.3 \times 193015 = 250919.5$  nuevos soles

## Ingresos

Los ingresos que genera el proyecto de inversión, está dado por:

- El incremento de la disponibilidad desde el 87.82 al 94.91% con la implementación de la gestión de mantenimiento, significa que las disminuciones de las paradas de los equipos de bombeo disminuyen en

siete por ciento; lo cual implica que los procesos de extracción de oro no se paralicen en la misma proporción de veces.

- b) El incremento de la confiabilidad con valores máximos admisibles de 85% al tercer año de proyección.

Cuantificando los valores de los ingresos que se generan, por el costo de la hora – máquina, que tiene un valor promedio de 350 soles por hora, para un incremento de 7% de disponibilidad, para las 9 electrobombas, sería:  
 $330 \times (1.07) \times 9 \times 300 = 953370$  nuevos soles

### Egresos

El egreso por la implementación de la gestión de mantenimiento será de 250919.5 mensuales.

### Flujo de caja

El flujo de caja del proyecto se plantea una inversión en 18 meses

#### Flujo de caja de proyecto de inversión

Item / mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión inicial (s/.)	953370									
Ingresos (s/.)		250920	250920	250920	250920	250920	250920	250920	250920	250920
Egresos (s/.)	Personal adicional	2780	2780	2780	2780	2780	2780	2780	2780	2780
Utilidad (s.)		248140	248140	248140	248140	248140	248140	248140	248140	248140

Item / mes	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Inversión inicial (s/.)									
Ingresos (s/.)	250920	250920	250920	250920	250920	250920	250920	250920	250920
Egresos (s/.)	Personal adicional	2780	2780	2780	2780	2780	2780	2780	2780
Utilidad (s.)	248140	248140	248140	248140	248140	248140	248140	248140	248140

### Valor actual neto

Se calculará el proyecto con una tasa de 3% mensual, en base a los datos de la banca financiera, para un periodo de 18 meses, la fórmula que nos permite calcular el valor actual neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^{18} \frac{\text{Flujo de caja}_t}{(1 + 3\%)^t} - 953370 = 0$$

Mediante el uso de una hoja de cálculo se puede calcular el resultado del van para cada año del periodo, los cuales se muestran a continuación.

$$\text{Van} = 3412789.86 - 953370 = 2459419.86 \text{ nuevos soles.}$$

### Tasa interna de retorno

La tir puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión, la fórmula para cálculo de la tasa interna de retorno es:

$$\sum_{t=1}^{18} \frac{\text{Flujo de caja}_t}{(1 + TIR)^t} = 953370$$

$$\underline{TIR_{18 \text{ meses}} = 34\%}$$

La tasa de rendimiento es mayor a la tasa utilizada en el cálculo del van (34%), el cual indica que es rentable el proyecto.

La relación beneficio costo, relaciona la rentabilidad del proyecto cuantificado al año cero con la inversión de la propuesta:

Van: 2459419.86: rentabilidad del proyecto actualizado al año cero.

Inversión: inversión del proyecto en el año cero: 953370

$$\text{Tir b/c} = 2459419.86 / 953370 = 2.5$$

#### **IV. DISCUSIÓN**

El diseño de la gestión del mantenimiento se basa principalmente en la disponibilidad y en la confiabilidad de los principales equipos del sistema de bombeo, considerando las bombas hidráulicas centrífugas, motores eléctricos de accionamiento de las bombas hidráulicas, equipos de control, equipos de protección y accesorios de los mecanismos de bombeo de agua hacia los procesos de extracción de oro.

Se muestran los indicadores para la gestión del mantenimiento, obteniendo valores como de la disponibilidad de los equipos, el cual representa el 94% como meta de todos los equipos, es decir, solo el 6% presenta algún tipo de inconveniente, mejorando los procesos y evitando paradas no programadas;

Otro de los indicadores, visto las evaluaciones anteriores, es el del tiempo promedio para reparar, donde ahora esto asciende a 9 días, mejorando el servicio de estos equipos y disminuyendo tiempos muertos. Tal es así que el tiempo promedio entre fallas (mtbf) es mayor a 45 días; si bien es cierto esto no debe ocurrir (porque los equipos deben ser continuos y no perjudicar la producción) es importante considerar la limpieza y mantenimiento programado para incrementar el tiempo de vida útil de los equipos. Y por último se muestra el cumplimiento en el programa de reparación, el cual representa un 90% de la programación (cp). Cada uno de estos indicadores permite a la empresa evaluar y compararse en diferentes momento y etapas de los procesos; permitiendo el mejoramiento y control de cada una de las actividades a realizar.

Se realizó el análisis del incremento de la disponibilidad de los equipos, considerando aquellos equipos de bombeo que tienen una eficiencia muy bajo, inferior al 40% de su operación nominal, este es un buen indicador para determinar la disminución de problemas y falta de continuidad en las actividades cotidianas de la empresa.

## **V. CONCLUSIÓN**

Se realizó el análisis actual del funcionamiento de las electrobombas de 2221 hp de potencia instalada, analizando las horas de funcionamiento, las horas de paradas, la frecuencia de paradas, para lo cual se tuvo acceso al registro de paradas y de la cantidad de agua que se requiere para el proceso de extracción del oro, lográndose determinar en 87.82% la disponibilidad y en confiabilidad desde 95% el primer año, 90 el segundo año y 85% el tercer año de proyección.

Se hizo las propuestas a implementarse, que permite determinar los nuevos indicadores de mantenimiento en 94.91% y valores de confiabilidad superiores al 95%; para lo cual se planteó la necesidad de tener cumplir con un nuevo plan de mantenimiento, que tenga en cuenta todas las variables de funcionalidad de las electrobombas de agua.

La evaluación económica del sistema de bombeo de agua para los procesos de extracción de oro, muestra un valor actual neto de: 2459419.86 nuevos soles una tir del 26%, y una relación beneficio costo de 2.58, valores que hacen factible la realización de la propuesta.



## **VI. RECOMENDACIONES**

Una de las principales recomendaciones a la gestión del mantenimiento es la auditoría al departamento de mantenimiento de la empresa minera; es decir se debe periódicamente evaluar el cumplimiento de los planes que se han trazado, y que todos los procesos de mantenimiento se cumplan tal como lo establece la gerencia del área.

La interrelación entre el personal de mantenimiento y el personal de adquisición de repuestos e insumos, debe tener varios conductos, los cuales incluyen comunicación directa, virtual o presencial, para que en tiempo real se tenga el requerimiento de los repuestos y se reporte al área de adquisiciones, los repuestos e insumos solicitados.

Los encargados de realizar la compra final, deben tener la aprobación del personal de mantenimiento, para de esa manera asegurar la calidad de los repuestos. La calidad de los repuestos originales es una de la preocupación de los técnicos, debido a que la utilización de repuestos alternativos de bajo costo, va a tener poca duración y la falla nuevamente va a ocurrir en el mismo sistema o circuito de las electrobombas en la empresa yanacocha.

Así mismo, la calidad del agua debe ser analizada continuamente, para de esa manera conocer los sólidos que éstos contienen, y cómo influyen en el funcionamiento del sistema de bombeo. Una partícula sólida al viajar dentro del sistema a alta velocidad, origina fuertes choques, y fuerzas de atracción entre sólidos, haciendo que cada vez más éstos sólidos tengan mayor tamaño y afecten la circulación del fluido, al incrementar la presión en el sistema.

## VII. REFERENCIAS

Abella, Miguel Alonso. Optimización del uso de convertidores de frecuencia con bombas centrífugas y motores trifásicos en sistemas de bombeo fotovoltaico [s.l.]: departamento de energía renovable, 2014. 25 pp.

Amendola, Luis. La confiabilidad desde el diseño proyectos de mantenimiento. [s.l.]: universidad politécnica de valencia - España, [s.f.]. 11 pp.

Cabrera, Jesús y Guanipa, Franklin. Estudio y propuestas de solución para fallos bombas recurrentes en bombas centrífugas horizontales. *Revista de ingeniería mecánica*, vol. 13, (2): 32-38, 2010. Issn: 1815-5944

Carlos, zapata, diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo. Universidad nacional experimental politécnica "Antonio José de sucre". Trabajo de grado, 45 pp.

Hernández, Roberto., Fernández, Carlos., baptista, pilar. Metodología de la investigación (4a ed.). D. F., México: mc Graw-Hill. 2006. 497 pp. Isbn: 968-422-931-3

Huaroc Huamán, Rudy. Sistema de drenaje, para reducir las aguas subterráneas en el área de trabajo unidad animon-cerro de Pasco. Tesis (ingeniero mecánico). Huancayo: universidad nacional del centro del Perú, 2011. 74 pp.

Martines, Javier, bombas centrífugas, [s.f.],10pp.

Disponible en <https://es.scribd.com/doc/93495154/bombas-centrifugas-francisco-javier-martinez-de-santiago-y-santiago-garcia-castro>.

Miranda Gonzales, Francisco. Gestión del mantenimiento. [s.l.]: Perú, 2015. 14 pp. Disponible en:

[Http://mercado.unex.es/operaciones/descargas/ee%20\(le\)/cap%c3%adtulo%2015%20\[modo%20de%20compatibilidad\].pdf](Http://mercado.unex.es/operaciones/descargas/ee%20(le)/cap%c3%adtulo%2015%20[modo%20de%20compatibilidad].pdf)

Pico Leguiza, Cristian Rafael. Gestión del mantenimiento para la selección de equipo caminero del gobierno municipal de Arajuno. Tesis (ingeniero de mantenimiento). Riobamba, Ecuador: escuela superior politécnica de Chimborazo, facultad de mecánica, 2011. 96 pp.

Quiminet. Características de las bombas centrífugas, [s.l.], 2012.

Disponible en <http://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-de-las-bombas-centrifugas-2701271.htm>

Servicio nacional de adiestramiento en trabajo industrial - Senati. *Principios de gestión, planeamiento y programación de mantenimiento*. Lima, 2007. 27 pp.

Viveros, Pablo y Stegmaier, Raúl. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería*, vol. 21, (1): 125-138, 2013. Issn: 0718-3305

Viveros, Pablo y Stegmaier, Raúl. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería*, vol. 21, (1): 125-138, 2013. Issn: 0718-3305

Yépez, Douglas, y; Gutiérrez, C y Cuevas, I. Sartenejas, Universidad Simón Bolívar. Curvas características de una bomba centrífuga: funcionamiento en régimen no Cavitacional y en régimen Cavitacional. 2014.6 pp.

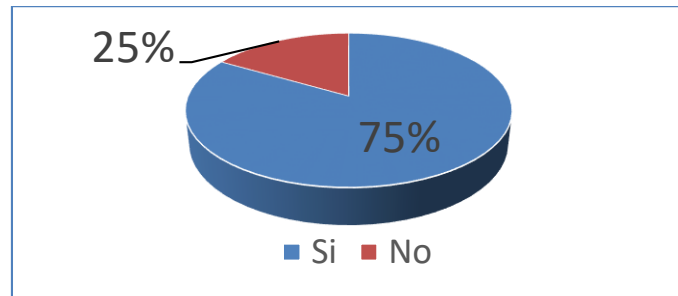
Zuñiga Flores, Agustín. Manual de certificación en el diagnóstico, reparación e instalación de equipos de bombeo y mezcladores sumergibles flygt. Tesis (Ingeniero en mantenimiento industrial). Querétaro: universidad tecnológica de Querétaro, 2012. 77| pp.

## ANEXOS

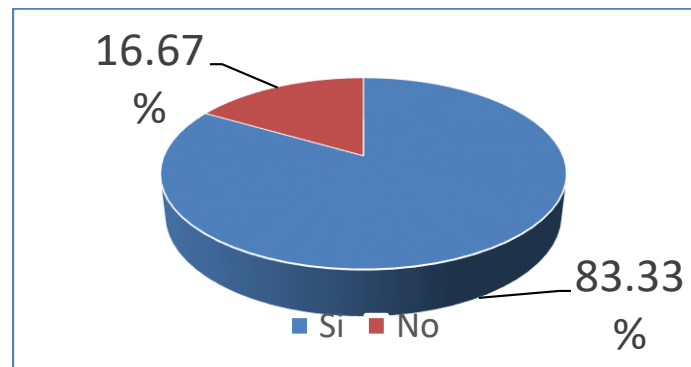
### Resultados de encuesta

La encuesta se aplicó a 12 personas trabajadores de la mina Yanacocha, obteniendo los siguientes resultados.

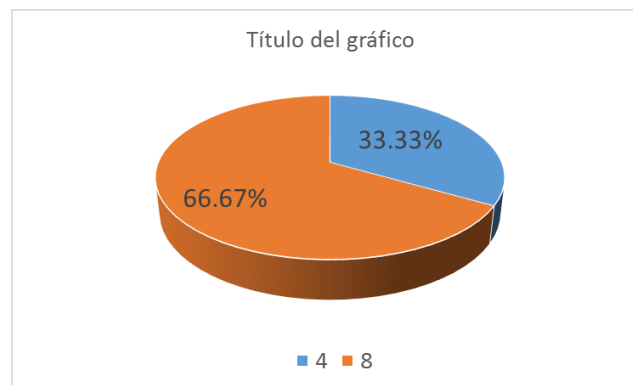
¿Considera usted que los equipos de protección personal que actualmente utiliza son adecuados para el tipo de trabajo que realiza?



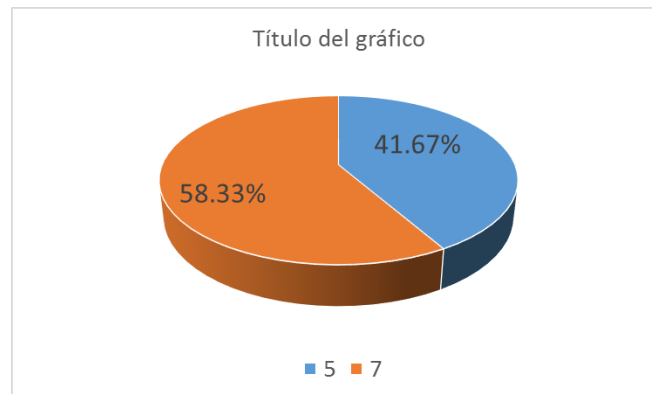
¿Existen alguna señalización dentro de su área de trabajo que contenga las políticas de la empresa en materias de seguridad industrial?



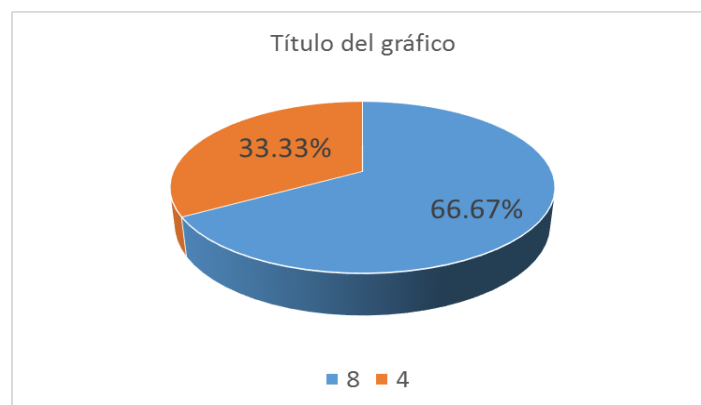
¿Usted ha participado de la evaluación de gestión del mantenimiento con respecto a electrobombas centrífugas en la minera Yanacocha?



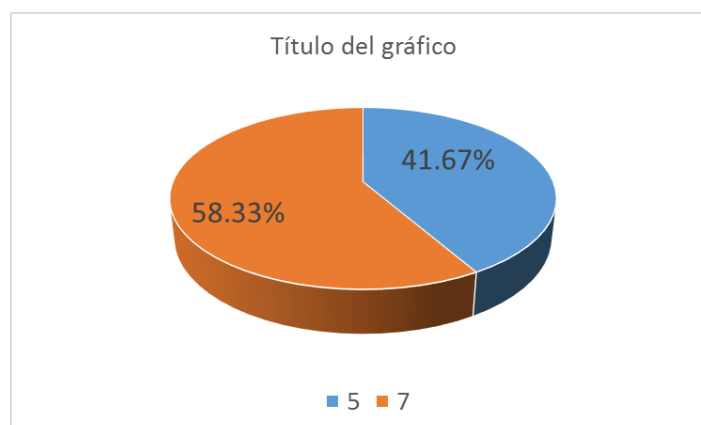
¿Usted ha participado en el proceso de mejora continua de una gestión del mantenimiento en la minera Yanacocha?



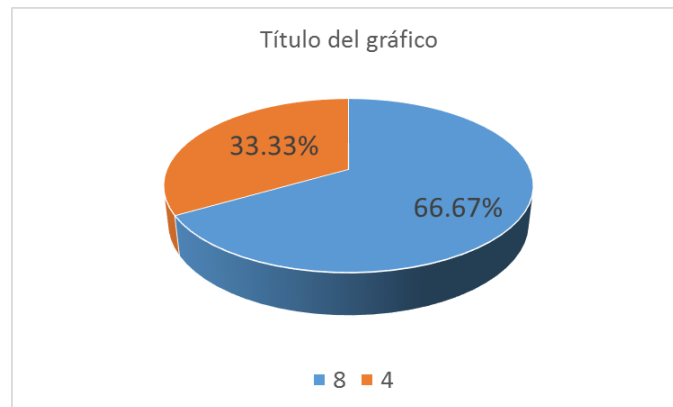
¿Usted ha participado en el proceso de capacitación continua, conocimiento y aplicación de las 5 s en equipos y maquinaria de producción de una gestión del mantenimiento en la minera Yanacocha?



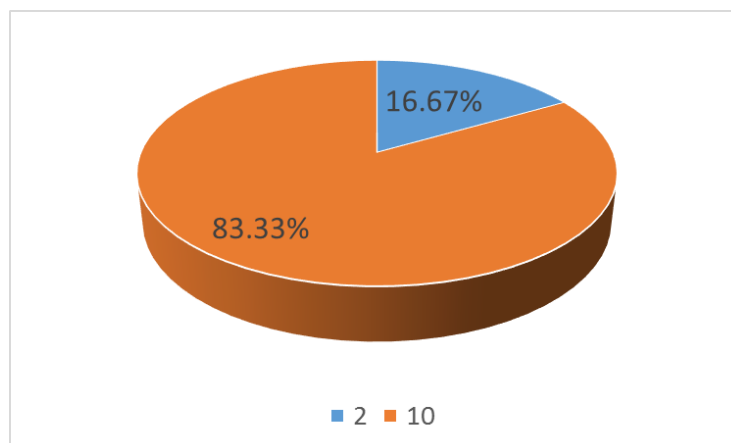
¿Usted ha participado en el proceso de capacitación temas relacionados a la tribología del mantenimiento de una gestión del mantenimiento en la minera Yanacocha?



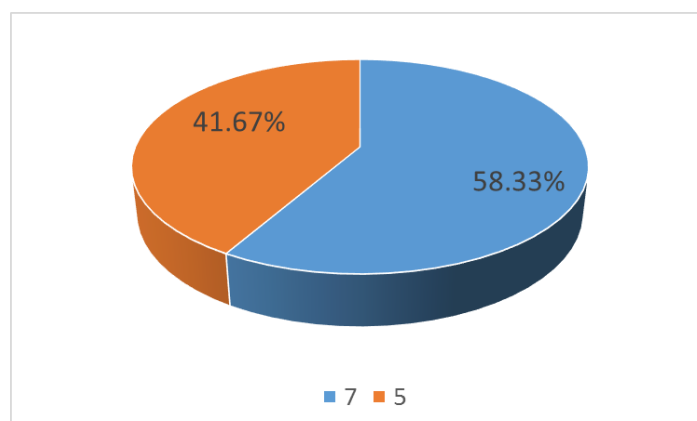
¿Tiene usted alguna relación con la gerencia en cuanto algún problema se presente en el área que labora dentro de la minera Yanacocha?



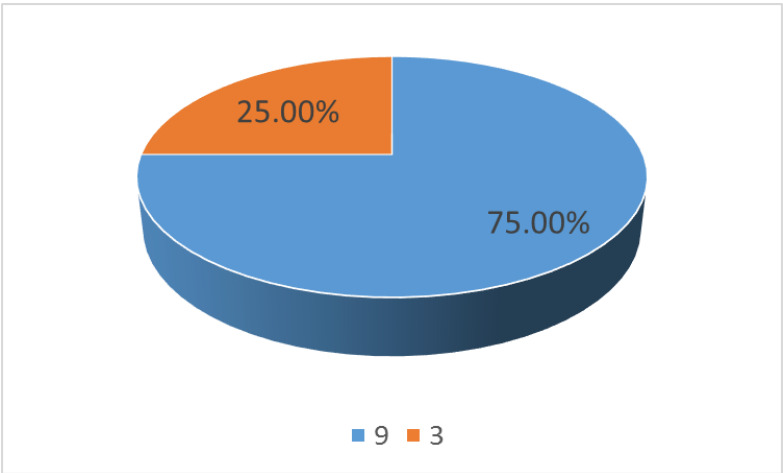
¿Usted ha participado en el proceso de capacitación temas relacionados con la fiabilidad de una gestión del mantenimiento con respecto a las electrobombas centrífugas con las que trabaja?



¿Tiene usted alguna relación con logística en cuanto algún problema se presente en el área en la que labora?



¿Tiene usted alguna relación con mantenimiento en cuanto algún problema se presente en la planta?



Formato análisis formal de fallas (aff)

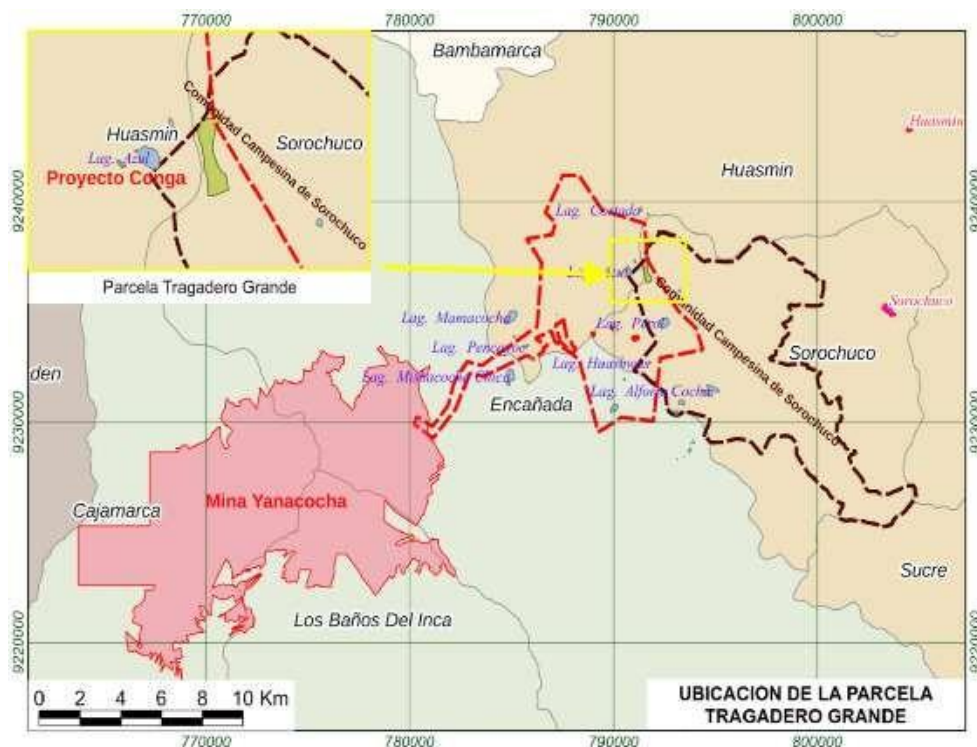
ANÁLISIS FORMAL DE FALLAS (AFF)						
LINEA/ÁREA	MÁQUINA/PROCESO	FECHA	RESPONSABLE			
PROBLEMA IDENTIFICADO (Clara descripción/ 1 Objeto y 1 defecto)			IMPACTO EN: <b>Q R C S P</b>			
ESCRIBIR POSIBLES CAUSAS – Considerar: Hombre, Máquina, Método, Material, Medición, Medio Ambiente						
<b>HOMBRE</b>		<b>MÁQUINA</b>		<b>CONSISTENCIA CON EL PROBLEMA</b>		
				Causa	Si/No	Observaciones
				1		
				2		
				3		
				4		
				5		
				6		
				7		
				8		
				9		
				10		
				11		
12						
<b>MÉTODO/ MEDICIÓN</b>		<b>MATERIAL/ AMBIENTE</b>				
POSIBLES CAUSAS CONSISTENTES	ACCIONES NECESARIAS PARA VERIFICAR POSIBLES CAUSAS	QUIÉN	CUÁNDO	HALLAZGOS DE LA VERIFICACIÓN DE LAS POSIBLES CAUSAS		
IDENTIFICACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ				Evidencia		
CIERRE DEL CICLO						
PLAN DE ACCIÓN	QUIÉN	CUÁNDO	COMENTARIOS			

Formato Check List

CIERRE EL CICLO – CHECK LIST					
¿La acción requiere cambio/actualización/foco en lo siguiente?					
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		OPERACIONES		CALIDAD	
Esquema		Arranque		Calidad del ingreso	
Hojas de ruta		Limpieza/Inspección		Calidad del resultado	
Nuevo/cambio en el programa		Acciones correctivas		Materiales de trabajo	
Estándares de inspección del operador		Desperdicio		Entrenamiento	
Estado final		Parada		Instrucciones de trabajo	
Guía de solución de problemas		Cambio de Marca			
Instrucciones de trabajo		Cambio de formato		INFORMACION	
Entrenamiento		Velocidad reducida		Planos de máquina	
		CIP		Procedimientos	
		Instrucciones de Trabajo		Manual de proveedores	
ALMACÉN		Entrenamiento			
Nivel de reposición		Entrenamiento		OTRAS ACCIONES	
Inspección de CdC					
Nuevo ítem en stock		EQUIPO			
Tiempo de recuperación		Modificaciones			

Ubicación del proyecto minera Yanacocha - Cajamarca.

Situado a 48 km al norte de la ciudad de Cajamarca. En la cordillera de los andes, entre 3.400 y 4.120 metros sobre el nivel del mar.



Formato Solicitud de Repuestos



## Formato de Ingreso de Repuesto a Almacén

[illegible]

## Electrobomba magnun "N"

59

#### Modelos

N: normal  
H: alta presión  
L: alto caudal

#### Clasificación

Bomba sumergible eléctrica de achique, protección: IP 68

#### Motor eléctrico

Motor trifásico tipo jaula de ardilla, clase de aislamiento: H (IEC 85)

#### Protección de motor

Termocontactos en el bobinado del motor eléctrico, válvula de aire

**Esta bomba debe ser conectada a un armario eléctrico externo con protecciones adecuadas**

#### Cable - SubCab - longitud 20 m (66 ft)

400-575V DOL: 4G25mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

500V DOL: 4G16mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

400-460V Y/D: 4G16mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

500-575V Y/D: 4G10mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

460V DOL: 4G35mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

#### Limitaciones

Máxima sumersión: 20 m (66 ft)

Máxima temperatura del líquido: 40 °C (104 °F)

Rango de pH: 5 - 8

Densidad máxima del líquido: 1100 kg/m<sup>3</sup> (68 lbs/ft<sup>3</sup>)

#### Sellos/cierres mecánicos

Sello mecánico doble en compartimento de aceite

Material sello inferior: *carburo de tungsteno - carburo de tungsteno*

Material sello superior: *carburo de tungsteno - carburo de tungsteno*

#### Rodamientos

Inferior: Rodamiento de bolas de contacto angular C3

Superior: Rodamiento de bolas C3

#### Conexión de descarga

6"-10" manguera, ISO-G, NPT o ANSI

#### Materiales

Piezas fundidas: *Aluminio*

Carcasa: *Acero inoxidable*

Eje de motor: *Acero inoxidable*

Impulsor: *Hard-Iron™*

Difusores: *Poliuretano*

Tornillos / tuercas: *Acero inoxidable*

#### Accesorios

Ánodos de zinc

Arrancador DOL o Y/D

Conexión tandem

Flotador

Las especificaciones pueden ser modificados sin previo aviso

Grindex AB • P.O. Box 7025 • 174 07 Sundbyberg • Sweden • Ph: +46 8 606 6600 • Fax: +46 8 745 5328 • marketing@grindex.com • www.grindex.com

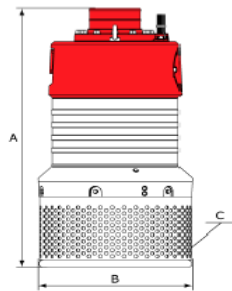
## Electrobomba magnun "L"

No: PD608010-ES | Revision 7 2012.03 | 60 Hz

8108.010

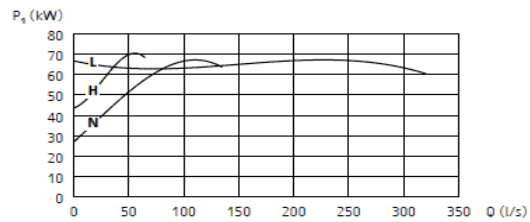
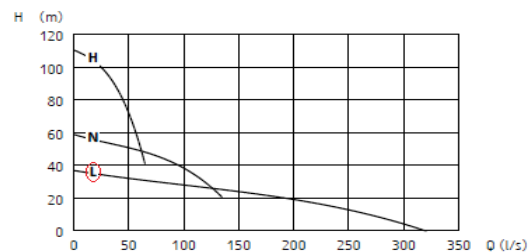
### Magnum

Bomba de achique sumergible eléctrica



60 Hz	N	H	L
Conexión de descarga	8"	6"	10"
Potencia nominal P <sub>2</sub> [kW/HP]	67 / 85	67 / 85	67 / 85
Potencia máxima absorbida P <sub>1</sub> [kW]	73	75	73
Velocidad del eje [r.p.m.]	1770	3540	1770
Corriente a 460V	107 A	100 A	107 A
Corriente a 575V	85 A	81 A	85 A
Paso de sólidos C	12 mm / 0.48"	12 mm / 0.48"	12 mm / 0.48"
Dimensiones A / B	1475 / 750 mm	1475 / 750 mm	1475 / 750 mm
Dimensiones A / B	59 / 30"	59 / 30"	59 / 30"
Peso [kg/lbs]	540 / 1190	540 / 1190	540 / 1190

Otras tensiones bajo pedido



ISO 9906/A

**Modelos**

N: normal  
H: alta presión  
L: alto caudal

**Clasificación**

Bomba sumergible eléctrica de achique, protección: IP 68

**Motor eléctrico**

Motor trifásico tipo jaula de ardilla, clase de aislamiento: H (IEC 85)

**Protección de motor**

Termocontactos en el bobinado del motor eléctrico, válvula de aire

**Esta bomba debe ser conectada a un armario eléctrico externo con protecciones adecuadas**

**Cable - SubCab - longitud 20 m (66 ft)**

400-575V DOL: 4G25mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

500V DOL: 4G16mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

400-460V Y/D: 4G16mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

500-575V Y/D: 4G10mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

460V DOL: 4G35mm<sup>2</sup>+2x1,5mm<sup>2</sup>

**Limitaciones**

Máxima sumersión: 20 m (66 ft)

Máxima temperatura del líquido: 40 °C (104 °F)

Rango de pH: 5 - 8

Densidad máxima del líquido: 1100 kg/m<sup>3</sup> (68 lbs/ft<sup>3</sup>)

**Sellos/cierres mecánicos**

Sello mecánico doble en compartimento de aceite

Material sello inferior: *carburo de tungsteno - carburo de tungsteno*

Material sello superior: *carburo de tungsteno - carburo de tungsteno*

**Rodamientos**

Inferior: Rodamiento de bolas de contacto angular C3

Superior: Rodamiento de bolas C3

**Conexión de descarga**

6"-10" manguera, ISO-G, NPT o ANSI

**Materiales**

Piezas fundidas: *Aluminio*

Carcasa: *Acero inoxidable*

Eje de motor: *Acero inoxidable*

Impulsor: *Hard-Iron™*

Difusores: *Poliuretano*

Tornillos / tuercas: *Acero inoxidable*

**Accesorios**

Anodos de zinc

Arrancador DOL o Y/D

Conexión tandem

Flotador

Las especificaciones pueden ser modificados sin previo aviso

Grindex AB • P.O. Box 7025 • 174 07 Sundbyberg • Sweden • Ph: +46 8 606 6600 • Fax: +46 8 745 5328 • marketing@grindex.com • www.grindex.com

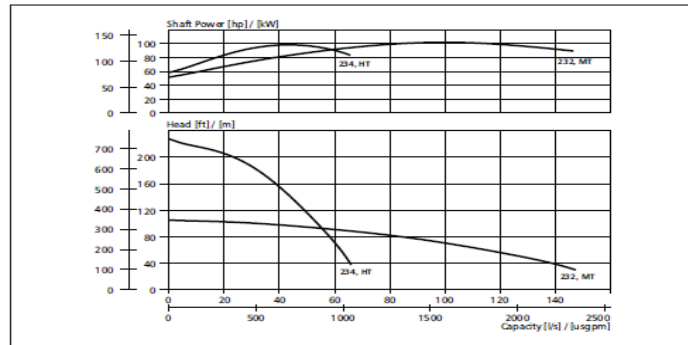
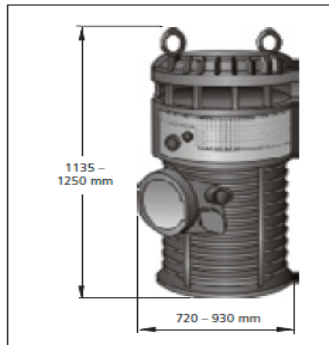
## Electrobomba magnum mantenimiento correctivo



## Electrobomba flygt

# 2400.402

# 60 Hz



## Product

Submersible pump for dewatering building yards, draining water in flooded areas, and other similar applications.

## Denomination

Product code ..... 2400.402  
Installation ..... 5  
Impeller characteristic ..... MT, HT  
Discharge connection ..... 4", 6"

## Process data

Liquid temperature ..... max +40° C  
Depth of immersion ..... max 20 m  
The pH of the pumped liquid ..... pH 6 - 11  
Liquid density ..... max 1100 kg/m³  
Strainer hole size ..... 10 mm x 10 mm

## Motor data

Squirrel cage 3-phase induction motor.  
Frequency ..... 60 Hz  
Insulation class ..... H (+180° C)  
Voltage variation  
- continuously running ..... max ± 5%  
- intermittent running ..... max ± 10%  
Voltage imbalance between phases max 2%  
No. of starts/hour ..... max 15

## Cable

Direct-on-line and Y/D start ..... SUBCAB  
Monitoring equipment  
Thermal contacts  
PT-100 Transducer

## Material

Outer casing ..... Cast iron  
Impeller ..... High chrome alloyed white cast iron  
Wear parts ..... Nitrile rubber  
Stator housing ..... Cast iron  
Pump housing ..... Cast iron  
Strainer ..... Galvanized steel  
Shaft ..... Stainless steel  
O-rings ..... Nitrile rubber

## Mechanical face seals

Inner .. Corrosion resistant cemented carbide  
Outer .. Corrosion resistant cemented carbide

## Weight

Total (excl. cable) ..... 900 - 985 kg

## Options

Polyurethane-lined wear parts .... POLY-LIFE  
Pump housing ..... Stainless steel  
Impeller,  
alt.1 (only HT) ..... Spheroidal graphite iron  
alt.2 ..... Stainless steel  
Stand  
Various cable sizes  
Zinc anodes

## Accessories

Adapters, hose connections and other mechanical accessories.  
Electrical accessories such as pump controller, control panels, starters, monitoring relays, cables.

## Rating

3~  
Rated output ..... 104 kW  
Speed of rotation ..... 3560 rpm

Voltage (V)	Rated current (A)	Starting current (A)
460	149	1105
575	118	850

Electrobomba flygt para mantenimiento preventivo



## GUÍA DE OBSERVACIÓN

Tesis:           Gestión De Mantenimiento Para Incrementar La Confiabilidad Y Disponibilidad De Las Electrobombas Centrífugas En Minera Yanacocha, 2017

Tesista:           Yhor Alexander Castañeda Cotrina.

Lugar:            Minera Yanacocha – Cajamarca.

Item	Equipo	Marca	Número de veces al año fuera de servicio	Horas en cada reparación																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Electrobomba	Hydroflo	10	33	24	24	22	24	32	24	31	25	32								
2	Electrobomba	Magnun	12	43	38	43	34	43	47	32	36	40	42	37	39						
3	Electrobomba	Magnun	15	29	28	32	34	37	33	31	30	28	31	36	34	33	39	29			
4	Electrobomba	Magnun	18	32	30	31	34	33	31	34	36	35	39	31	29	31	28	33	37	28	39
5	Electrobomba	Hydroflo	15	32	33	31	32	36	32	26	32	32	37	35	35	37	31	33			
6	Electrobomba	Sulzer	16	32	33	29	25	33	30	26	41	32	25	32	33	32	30	38	31		
7	Electrobomba	Flygt	13	28	23	21	29	31	30	26	41	32	23	31	38	31					
8	Electrobomba	Hidrostal	15	31	17	17	22	27	30	26	41	32	29	43	42	45	41	31			
9	Electrobomba	Sulzer	18	34	35	32	29	38	32	36	31	39	31	31	36	31	32	34	34	27	34
10	Electrobomba	Grindex	5	28	33	29	25	33													
11	Electrobomba	Grindex	6	41	33	29	25	33	30												
12	Electrobomba	Sulzer	13	33	41	28	24	36	39	26	41	33	39	31	33	31					
13	Electrobomba	Sulzer	17	37	16	31	25	39	28	29	38	32	29	32	35	31	38	33	39	34	

Fuente: Área de Mantenimiento 2017

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y Nombres:

TABOADA FALLA GUILLERMO MIGUEL

Profesión:

ING. MECÁNICO ELECTRICISTA

Grado académico:

SUPERIOR

Actividad laboral actual:

INGENIERO RESIDENTE



### INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 <input checked="" type="checkbox"/> Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	✓		
b) Experiencia como profesional. (EP)	✓		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	✓		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	✓		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	✓		

**Firma del entrevistado**

  
Guillermo Miguel Taboada Falla  
Supervisor Residente  
C/P N° 86536

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es una entrevista, cuyo objetivo "GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LAS ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS EN MINERA YANACocha, 2017."

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta entrevista para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: X Poco pertinente:      No es pertinente:     

Por favor, indique las razones:

POR QUE VA A MEJORAR CONFIABILIDAD Y RENDIMIENTO DE  
LAS ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: X Insuficientes:     

Por favor, indique las razones:

SI POR QUE CUMPLE CON LO ESTABLECIDO

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: X Poco adecuadas:      Inadecuadas:     

Por favor, indique las razones:

SI POR QUE ESTAN REALIZADAS DE MANERA SENSILLA

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
1	✓			✓			
2	✓			✓			
3	✓			✓			
4	✓			✓			

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

---



---



---

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación. 14-12-17

  
 Guillermo Miguel Taboada Falla  
 Supervisor Residente  
 CIP N° 86536

---

Firma del Experto

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DA

### DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y Nombres:

TAPIA TANTA DANY JIHANEY

Profesión:

INGENIERO MECÁNICO

Grado académico:

UNIVERSITARIO

Actividad laboral actual:

SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO SERVICIOS MINA

### INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto X	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-------------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	✓		
b) Experiencia como profesional. (EP)	✓		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	✓		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	✓		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	✓		

*Firma del entrevistado*

  
**Danny Tapia Tanta**  
 SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO  
 CIP N° 165801



Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es una entrevista, cuyo objetivo **"GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LAS ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS EN MINERA YANACocha, 2017."**

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta entrevista para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: X Poco pertinente:      No es pertinente:     

Por favor, indique las razones:

ES PERTINENTE POR QUE VA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD Y  
DISPONIBILIDAD DE LAS ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: X Insuficientes:     

Por favor, indique las razones:

SI POR QUE CUMPLE CON EL PROTOCOLO ESTABLECIDO PARA REALIZAR  
EL TRABAJO

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: X Poco adecuadas:      Inadecuadas:     

Por favor, indique las razones:

SI POR QUE ESTAN DESARROLLADAS DE MANERA SENSILLA Y COMPRENSIBLE  
PARA EL ENTREVISTADO.

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
1	✓			✓			
2	✓			✓			
3	✓			✓			
4	✓			✓			

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

---



---



---

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación. 14-12-17

  
**Danny Topia Tanta**  
 SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO  
 CP Nº 105801

---

Firma del Experto

## TESIS DE CASTAÑEDA COTRINA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE  
INTERNET

4%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.scielo.cl">www.scielo.cl</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://biblioteca.usac.edu.gt">biblioteca.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Colegio San Agustín de Chiclayo Trabajo del estudiante	2%
5	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://dspace.espoch.edu.ec">dspace.espoch.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://scielo.sld.cu">scielo.sld.cu</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://www.monografias.com">www.monografias.com</a> Fuente de Internet	1%